

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-152570

(P2019-152570A)

(43) 公開日 令和1年9月12日(2019.9.12)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)			
GO 1 B	11/00	(2006.01)	GO 1 B	11/00	G	2 F 0 6 4
GO 1 B	11/24	(2006.01)	GO 1 B	11/24	D	2 F 0 6 5
GO 1 B	9/02	(2006.01)	GO 1 B	9/02		

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2018-38860 (P2018-38860)
 (22) 出願日 平成30年3月5日(2018.3.5)

(71) 出願人 318010018
 東芝メモリ株式会社
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100091982
 弁理士 永井 浩之
 (74) 代理人 100091487
 弁理士 中村 行孝
 (74) 代理人 100082991
 弁理士 佐藤 泰和
 (74) 代理人 100105153
 弁理士 朝倉 悟
 (74) 代理人 100107582
 弁理士 関根 毅
 (74) 代理人 100118843
 弁理士 赤岡 明

最終頁に続く

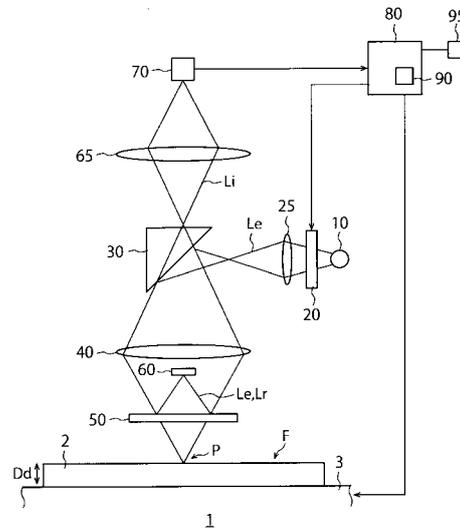
(54) 【発明の名称】 測定装置

(57) 【要約】

【課題】材料の表面の高さまたは形状を精度良く計測することができる測定装置を提供する。

【解決手段】本実施形態による測定装置は、照射光を発する光源を備える。フィルタは、照射光の光量を変更する。レンズ機構部は、照射光を材料の表面に照射させる。焦点位置調節部は、照射光の材料の深さ方向における焦点位置を変更させる。干渉部は、照射光と材料からの反射光とを干渉させる。検出部は、照射光と反射光との干渉によって得られる干渉光の強度を検出する。演算制御部は、材料の表面の或る測定点において、材料に対する照射光の相対的な焦点位置を変更しながら検出部で検出された干渉光の強度に基づいて材料の表面または界面の高さを演算する。演算制御部は、検出部で検出された干渉光の強度に基づいてフィルタまたは光源を制御し、照射光の光量を変更する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照射光を発する光源と、
 前記照射光の光量を変更するフィルタと、
 前記照射光を材料の表面に照射させるレンズ機構部と、
 前記照射光の前記材料の深さ方向における焦点位置を変更させる焦点位置調節部と、
 前記照射光と前記材料からの反射光とを干渉させる干渉部と、
 前記照射光と前記反射光との干渉によって得られる干渉光の強度を検出する検出部と、
 前記材料の表面の或る測定点において、前記材料に対する前記照射光の相対的な焦点位置を変更しながら前記検出部で検出された前記干渉光の強度に基づいて前記材料の表面または界面の高さを演算する演算制御部とを備え、
 前記演算制御部は、前記検出部で検出された前記干渉光の強度に基づいて前記フィルタまたは前記光源を制御し、前記照射光の光量を変更する、測定装置。

10

【請求項 2】

前記演算制御部は、前記材料の各測定点において前記干渉光の平均強度を互いに近づけるように前記フィルタまたは前記光源を制御する、請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 3】

前記演算制御部は、前記材料の各測定点において前記干渉光の平均強度を互いにほぼ等しくするように前記フィルタまたは前記光源を制御する、請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 4】

前記材料の複数の測定点において前記演算制御部で演算された該材料の表面または界面の高さを格納する記憶部をさらに備え、
 前記演算制御部は、前記材料の表面または界面の高さに基づいて前記材料の表面または界面の形状を生成する、請求項 3 に記載の測定装置。

20

【請求項 5】

前記演算制御部は、前記材料の表面または界面の高さに基づいて前記材料の表面または界面の二次元形状を生成し、さらに、複数の該二次元形状を用いて前記材料の表面の三次元形状を生成する、請求項 4 に記載の測定装置。

【請求項 6】

前記照射光は、白色光である、請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の測定装置。

30

【請求項 7】

前記演算制御部は、前記干渉光の強度にピークが生じたときの焦点位置を前記材料の表面または界面の位置である、と判断する、請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の測定装置。

【請求項 8】

前記演算制御部で生成された前記材料の表面または界面の形状を表示する表示部をさらに備えた、請求項 4 または請求項 5 に記載の測定装置。

【請求項 9】

照射光を発する光源と、
 前記照射光を材料の表面に照射させるレンズ機構部と、
 前記照射光の前記材料の深さ方向における焦点位置を変更させる焦点位置調節部と、
 前記照射光と前記材料からの反射光とを干渉させる干渉部と、
 前記照射光と前記反射光との干渉によって得られる干渉光の強度を検出する検出部と、
 前記材料の表面の或る測定点において、前記材料に対する前記照射光の相対的な焦点位置を変更しながら前記検出部で検出された前記干渉光の強度に基づいて前記材料の表面または界面の高さを演算する演算制御部とを備え、
 前記干渉光の強度が複数のピークを含む場合、前記検出部は、前記複数のピークのうちの一部のピークに対応する焦点位置における前記干渉光の強度を検出し、他のピークに対応する焦点位置における前記干渉光の強度の検出を省略する、測定装置。

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本実施形態は、測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製造プロセスにおいて、半導体基板の表面上にあるパターンの形状を三次元的に画像化し、そのパターンの高さまたは厚さを非破壊で計測する技術が求められている。このような計測手段として、白色干渉を用いた測定装置（以下、白色干渉測定装置ともいう）が考えられている。

10

【0003】

しかし、半導体製造パターンでは、多種多様な材料層が半導体基板上に形成されており、上層のパターンだけでなく、下層にも様々なパターンが存在する。この場合、各層の被覆率や材質によって反射率が大きく異なり、白色干渉を用いて計測しようとする、白色干渉の干渉縞が明暗差により明確に把握できなくなってしまう。これは、画像の精度を低下させ、測定信頼性を損ねてしまう。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第3162355号公報

20

【特許文献2】特開2001-66123号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

材料の表面の高さまたは形状を精度良く計測することができる測定装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本実施形態による測定装置は、照射光を発する光源を備える。フィルタは、照射光の光量を変更する。レンズ機構部は、照射光を材料の表面に照射させる。焦点位置調節部は、照射光の材料の深さ方向における焦点位置を変更させる。干渉部は、照射光と材料からの反射光とを干渉させる。検出部は、照射光と反射光との干渉によって得られる干渉光の強度を検出する。演算制御部は、材料の表面の或る測定点において、材料に対する照射光の相対的な焦点位置を変更しながら検出部で検出された干渉光の強度に基づいて材料の表面または界面の高さを演算する。演算制御部は、検出部で検出された干渉光の強度に基づいてフィルタまたは光源を制御し、照射光の光量を変更する。

30

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】第1実施形態による測定装置の構成例を示す概略図。

【図2】材料の一例を示す平面図および断面図。

【図3】カメラで検出された干渉光の強度を示すグラフ。

40

【図4】第1実施形態による測定装置の動作の一例を示すフロー図。

【図5】第2実施形態による材料の一例を示す平面図および断面図。

【図6】干渉光の強度を示すグラフ。

【図7】第2実施形態による測定装置の動作の一例を示すグラフ。

【図8】第2実施形態による測定装置の動作の一例を示すフロー図

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、図面を参照して本発明に係る実施形態を説明する。本実施形態は、本発明を限定するものではない。図面は模式的または概念的なものであり、各部分の比率などは、必ずしも現実のものと同じとは限らない。明細書と図面において、既出の図面に関して前述し

50

たものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

【0009】

(第1実施形態)

図1は、第1実施形態による測定装置1の構成例を示す概略図である。測定装置1は、例えば、白色光の干渉を利用して、材料2の表面の高さを測定する高さ測定装置である。測定装置1は、複数の測定点における材料2の表面の高さをデータ上で繋げて材料2の表面形状を生成する。ユーザは、このようにデータ上で生成された材料の表面形状を参照して、材料が適切に加工されているか否かを判断することができる。図1の測定装置1は、所謂、ミロー干渉計を用いているが、マイケルソン干渉計等、その他の干渉計を用いてもよい。

10

【0010】

測定装置1は、ステージ3と、光源10と、光学フィルタ20と、レンズ25と、ビームスプリッタ30と、対物レンズ40と、ビームスプリッタ50と、参照ミラー60と、レンズ65と、カメラ70と、演算制御部80と、メモリ90と、表示部95とを備えている。

【0011】

ステージ3は、材料2を搭載する。ステージ3は、演算制御部80の制御を受けて、略鉛直方向あるいは略水平方向に移動することができる。ステージ3の動作により、レンズ40の焦点位置は、材料2に対して相対的に移動させることができる。ステージ3は、焦点位置調節部を構成する。

20

【0012】

光源10は、材料2へ照射する照射光Leを生成する。材料2は、例えば、半導体基板あるいは半導体基板上に設けられた材料層(例えば、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、レジスト膜等)でよい。本実施形態において、照射光Leは、一例として白色光を用いている。しかし、照射光Leは、UV(Ultra Violet)光、DUV(Deep UV)光、IR(Infrared)光等でもよい。尚、照射光Leとして白色干渉を用いることによって、無色透明な材料の表面形状を精度良く測定できる。また、照射光Leとして白色干渉を用いることによって、広い範囲高速に計測することができる。

【0013】

光学フィルタ20は、光源10からの照射光Leの光量の減衰率を変更することによって、該光量を減衰させあるいは増大させる。光学フィルタ20を通過した照射光Leは、レンズ25等を介して、材料2へ照射される。光学フィルタ20は、演算制御部80の制御を受けて、照射光Leの光量の減衰率を変更することができる。尚、照射光Leの光量を増大させる場合には、光源10がその出力を上昇させてもよい。

30

【0014】

ビームスプリッタ30は、光学フィルタ20からの照射光Leを材料2の方向へ反射させる。また、ビームスプリッタ30は、照射光Leを材料2に照射し、材料2から反射した反射光Lrをカメラ70の方向へ透過させる。

【0015】

対物レンズ40は、ビームスプリッタ30からの照射光Leを材料2に照射する。より具体的には、照射光Leは、材料2の表面に対して略垂直方向に照射される。このとき、例えば、ステージ3が材料2の表面に対して略垂直方向に移動することで、対物レンズ40から照射された照射光Leが材料2において合焦する位置(深さ方向Ddにおける焦点位置)を調節する。対物レンズ40はレンズ機構部を構成する。演算制御部80は、ステージ3を制御して、対物レンズ40から照射された照射光Leの材料2における焦点位置を相対的に変更することができる。

40

【0016】

ビームスプリッタ50は、対物レンズ40からの照射光Leの一部を参照ミラー60へ向かって反射し、その他の照射光Leを材料2へ透過させる。また、ビームスプリッタ50は、材料2からの反射光Lrを対物レンズ40および参照ミラー60側へ透過させる。

50

【 0 0 1 7 】

参照ミラー 60 は、ビームスプリッタ 50 で反射された一部の照射光 L_e をビームスプリッタ 50 へさらに反射する。これにより、参照ミラー 60 とビームスプリッタ 50 との間で照射光 L_e が反射を繰り返す。従って、参照ミラー 60 とビームスプリッタ 50 との間において、照射光 L_e は、材料 2 からビームスプリッタ 50 を透過してきた反射光 L_r と干渉する。即ち、ビームスプリッタ 50 および参照ミラー 60 は、照射光 L_e と反射光 L_r とを干渉させる干渉部として機能する。

【 0 0 1 8 】

照射光 L_e と反射光 L_r との干渉によって得られる干渉光 L_i は、干渉部 (50、60) 通過した後、対物レンズ 40、ビームスプリッタ 30 およびレンズ 65 を介してカメラ 70 において検出される。

10

【 0 0 1 9 】

検出部としてのカメラ 70 は、材料 2 の表面の或る測定点 P において照射光 L_e の焦点位置を深さ方向 D_d へ変更しながら、照射光 L_e と反射光 L_r との干渉によって得られる干渉光 L_i の強度 (あるいは、輝度、光量) を検出する。例えば、照射光 L_e は、対物レンズ 40 によって、材料 2 の深さ方向 D_d のいずれかの位置で合焦する。このとき、合焦位置の近傍において、材料 2 の材質変化が無い場合、即ち、材料 2 の表面または界面が無い場合、照射光 L_e は、材料 2 内においてあまり反射しない。従って、反射光 L_r の光量が小さく、焦点位置の変化による干渉光 L_i の変動が小さい。即ち、照射光 L_e が材料 2 の表面または界面の無い深さ位置に合焦している場合、カメラ 70 で検出される干渉光 L_i の強度は、あまり振幅せずピークをほとんど有さない。一方、合焦位置の近傍において、材料 2 の材質が変化している場合、即ち、材料 2 の表面または界面がある場合、照射光 L_e は、材料 2 の表面または界面によって反射する。従って、反射光 L_r の光量が比較的大きくなり、焦点位置の変化による干渉光 L_i の変動が大きくなる。即ち、照射光 L_e が材料 2 の表面または界面のある深さ位置に合焦している場合、カメラ 70 で検出される干渉光 L_i の強度は、大きく振幅し大きなピークを有する。

20

【 0 0 2 0 】

このように、材料 2 の材質が変化する界面において、干渉光 L_i の強度の変動が大きくなる。よって、干渉光 L_i の干渉縞のピーク位置から、演算制御部 80 は、材料 2 の表面または界面の高さ (深さ) 位置を判断することができる。尚、干渉光 L_i の干渉縞およびそのピークについては、図 2 (A) ~ 図 3 (C) を参照して後で説明する。

30

【 0 0 2 1 】

演算制御部 80 は、カメラ 70 で検出された干渉光 L_i の強度に基づいて材料 2 の表面の高さを演算する。例えば、演算制御部 80 は、干渉光 L_i の干渉縞において、干渉光 L_i の強度のピーク位置を材料 2 の界面または表面と判断する。また、演算制御部 80 は、ステージ 3 の動作および減衰フィルタ 20 の光減衰率を制御する。

【 0 0 2 2 】

表示部 95 は、干渉光 L_i の強度や演算制御部 80 で演算された材料 2 の表面の高さ、材料 2 の表面の二次元形状、または、三次元形状等を表示する。

【 0 0 2 3 】

図 2 (A) および図 2 (B) は、材料 2 の一例を示す平面図および断面図である。材料 2 は、金属膜 101 と、半導体基板 102 と、シリコン酸化膜 103 とを含む。金属膜 101 は、例えば、銅またはタングステン等の高反射率の膜である。半導体基板 102 は、例えば、シリコン基板である。反射率は、金属膜 101 が最も高く、半導体基板 102、シリコン酸化膜 103 の順番に低くなる。金属膜 101 およびシリコン酸化膜 103 は、半導体基板 102 上に設けられている。

40

【 0 0 2 4 】

測定装置 1 は、材料 2 の各測定点 P1 ~ P3 において、焦点位置を深さ方向 D_d に変更しながら干渉光 L_i の強度を測定する。焦点位置は、材料 2 を載せたステージ 3 を深さ方向 D_d へ移動させることによって材料 2 に対して相対的に変更することができる。測定点

50

P 1 は、金属膜 1 0 1 の表面上の任意点である。測定点 P 2 は、半導体基板 1 0 2 の表面上の任意点である。測定点 P 3 は、シリコン酸化膜 1 0 3 の表面上の任意点である。測定装置 1 は、干渉光 L i の強度の測定結果に基づいて、金属膜 1 0 1 およびシリコン酸化膜 1 0 3 の表面の高さを測定する。測定点 P 1 ~ P 3 における干渉光 L i の強度の測定結果は、図 3 (A) ~ 図 3 (C) に示す。

【 0 0 2 5 】

図 3 (A) ~ 図 3 (C) は、カメラ 7 0 で検出された干渉光 L i の強度を示すグラフである。図 3 (A) は、測定点 P 1 における干渉光 L i の強度を示す。図 3 (B) は、測定点 P 2 における干渉光 L i の強度を示す。図 3 (C) は、測定点 P 3 における干渉光 L i の強度を示す。また、横軸は、干渉光 L i の強度を示す。縦軸は、深さ方向 D d における照射光 L e の焦点位置を示す。L i m 1 は、カメラ 7 0 で検出可能な下限の光強度である。L i m 2 は、カメラ 7 0 で検出可能な上限の光強度である。

10

【 0 0 2 6 】

図 3 (A) ~ 図 3 (C) を参照すると、照射光 L e の焦点位置が金属膜 1 0 1 、半導体基板 1 0 2 またはシリコン酸化膜 1 0 3 の表面近傍にあるときに、干渉光 L i の強度の変動 (振幅) が大きくなっている。従って、演算制御部 8 0 は、干渉光 L i の強度のピーク P P 1 ~ P P 3 がそれぞれ金属膜 1 0 1 、半導体基板 1 0 2 およびシリコン酸化膜 1 0 3 の表面に対応すると判断することができる。尚、ピーク P P 1 ~ P P 3 は、照射光 L e と反射光 L r とが強め合っ て干渉光 L i の強度が最大となる位置、あるいは、照射光 L e と反射光 L r とが弱め合っ て干渉光 L i の強度が最小となる位置である。

20

【 0 0 2 7 】

しかし、測定点 P 1 は、反射率の高い金属膜 1 0 1 上にあるため、反射光 L r の強度が全体として高い。従って、実際には、図 3 (A) の破線グラフ G 1 a に示すように、干渉光 L i の強度 (輝度) は、上限 L i m 2 の近傍に偏っている。即ち、干渉光 L i の平均強度 (ベースの光強度) が上限 L i m 2 に近く、干渉光 L i の強度のピークが上限 L i m 2 を超えるおそれがある。この場合、演算制御部 8 0 は、干渉光 L i の強度のピークを認識することが困難になる。

【 0 0 2 8 】

また、測定点 P 3 は、反射率の比較的低いシリコン酸化膜 1 0 3 上にあるため、反射光 L r の強度が全体として低い。従って、実際には、図 3 (C) の破線グラフ G 3 a に示すように、干渉光 L i の強度 (輝度) は、下限 L i m 1 の近傍に偏っている。即ち、干渉光 L i の平均強度 (ベースの光強度) が下限 L i m 1 に近く、干渉光 L i の強度のピークが下限 L i m 1 を下回るおそれがある。この場合も、演算制御部 8 0 は、干渉光 L i の強度のピークを認識することが困難になる。

30

【 0 0 2 9 】

このように、材料 2 の反射率の違いによって、干渉光 L i の平均強度が大きく変化する。この場合、演算制御部 8 0 は、干渉光 L i の強度のピークを正確に認識することが困難になることがある。

【 0 0 3 0 】

そこで、本実施形態による演算制御部 8 0 は、予め測定された干渉光 L i の強度に基づいて、光学フィルタ 2 0 または光源 1 0 を制御し、照射光 L e の光量を変更する。例えば、演算制御部 8 0 は、測定点 P 1 ~ P 3 における干渉光 L i の平均強度を予め測定し、それらを互いに近づけるように光学フィルタ 2 0 または光源 1 0 を制御する。さらに好ましくは、演算制御部 8 0 は、測定点 P 1 ~ P 3 における干渉光 L i の平均強度をほぼ等しくするように、光学フィルタ 2 0 または光源 1 0 を制御する。

40

【 0 0 3 1 】

例えば、図 3 (A) に示すように、光学フィルタ 2 0 は、破線グラフ G 1 a を実線グラフ G 1 b へ平行移動させるように照射光 L e の光量を減衰させる。また、図 3 (C) に示すように、光学フィルタ 2 0 は、破線グラフ G 3 a を実線グラフ G 3 b へ平行移動させるように、減衰した照射光 L e の光量をもとに戻す (増大させる) 。光学フィルタ 2 0 が照

50

射光 L_e をそれ以上増大させることができない場合には、光源 10 の出力を上昇させて、光源 10 が照射光 L_e の光量を増大させてもよい。これにより、グラフ G 1 b および G 3 b の平均強度は、グラフ G 2 の平均強度に接近し、互いにほぼ等しくなる。また、グラフ G 1 b、G 2、G 3 b は、下限 L_{im1} と上限 L_{im2} との間の範囲内に入れることができる。これにより、材料 2 の反射率が相違しても、演算制御部 80 は、干渉光 L_i の強度のピークを正確に認識することが可能になる。尚、演算制御部 80 は、干渉光 L_i の平均強度に代えて、干渉光 L_i のベースの強度（バックグラウンドの強度）を用いて、照射光 L_e の光量を変更してもよい。

【0032】

カメラ 70 は、干渉光 L_i の検出結果を演算制御部 80 へ送る。演算制御部 80 は、グラフ G 1 b、G 2、G 3 b からピーク $PP1 \sim PP3$ を認識することができる。ピーク $PP1 \sim PP3$ は、干渉光 L_i の平均強度（あるいは、ベース、バックグラウンド）から最も振幅の大きな干渉光 L_i の点である。さらに、演算制御部 80 は、ピーク $PP1 \sim PP3$ に対応する焦点位置を、金属膜 101、半導体基板 102、シリコン酸化膜 103 の表面または界面の高さ位置と判断する。金属膜 101、半導体基板 102、シリコン酸化膜 103 の表面または界面の高さデータは、メモリ 90 に格納される。尚、表面または界面の高さは、任意の深さ位置を基準にした高さでよい。例えば、表面または界面の高さは、ステージ 3 の表面を基準とした高さで表してもよい。あるいは、測定が開始された点における材料 2 の表面を基準として用いてもよいし、材料 2 が半導体チップである場合には半導体基板 102 の表面を基準として用いてもよい。

【0033】

測定装置 1 は、測定点 $P1 \sim P3$ 以外の位置についても測定を繰り返してよい。例えば、測定装置 1 は、図 2 (A) の B - B 線に沿って多数の測定点と同様に高さ測定を実行する。これらの測定結果は、メモリ 90 に格納する。演算制御部 80 は、複数の測定点において測定された高さをデータ上で配列し繋げる（合成する）ことができる。これによって、材料 2 が図 2 (B) に示すような表面または界面の形状を有していたとすると、図 2 (C) に示すような再現形状 SH を生成することができる。再現形状 SH は、B - B 線に沿った材料 2 の表面または界面に対応した二次元形状となる。

【0034】

さらに、図 2 (A) の B - B 線以外の他の領域についても同様に測定を実行することによって、材料 2 の表面または界面の全体について二次元形状を非破壊で生成することができる。演算制御部は、材料 2 の表面または界面の複数の二次元形状をデータ上で配列し繋げる（合成する）ことによって、材料 2 の表面の三次元形状を非破壊で生成することができる。材料 2 の表面の二次元形状または三次元形状は、表示部 95 に表示してもよい。これにより、ユーザは、材料 2 の表面形状を容易に把握することができる。

【0035】

次に、本実施形態による測定装置 1 の動作を説明する。

【0036】

図 4 は、第 1 実施形態による測定装置 1 の動作の一例を示すフロー図である。

【0037】

まず、測定装置 1 は、材料 2 の表面全体を予め撮像し、その輝度（グレーレベル）に基づいて材料 2 の表面を複数の領域に分割する（ $S10$ ）。このとき、演算制御部 80 は、ユーザあるいはメーカーによって予め設定された輝度の範囲ごとに、自動で領域分割してもよい。例えば、図 2 (A) の領域 $R101$ は、第 1 輝度範囲に属し、領域 $R102$ は、第 2 輝度範囲に属し、領域 $R103$ は、第 3 輝度範囲に属するものとする。この場合、図 2 (A) に示すように、演算制御部 80 は、材料 2 の輝度に基づいて、金属膜 101 の領域 $R101$ 、シリコン酸化膜 103 の領域 $R103$ およびそれ以外の半導体基板 102 の領域 $R102$ の 3 つの領域に分割する。輝度の範囲は、それに対応する照射光 L_e の光量に関連付けられてメモリ 90 に予め格納しておく。また、ステップ $S10$ で分割された領域 $R101 \sim R103$ の位置情報（座標）等もメモリ 90 に格納する。

【 0 0 3 8 】

次に、測定装置 1 は、材料 2 の表面の高さ測定を開始する (S 2 0)。演算制御部 8 0 は、測定点がメモリ 9 0 に格納された領域 R 1 0 1 ~ R 1 0 3 のいずれに属するかを判断する (S 3 0)。

【 0 0 3 9 】

次に、演算制御部 8 0 は、測定点の属する領域に対応する光量を特定し、光学フィルタ 2 0 または光源 1 0 からの照射光 L e の光量を、該特定された光量となるように設定する (S 4 0)。これにより、演算制御部 8 0 は、輝度に応じて、各領域 R 1 0 1 ~ R 1 0 3 ごとに照射光 L e の光量を設定することができる。例えば、金属膜 1 0 1 の領域 R 1 0 1 では、輝度が高く、即ち、反射率が高いので、測定時の照射光 L e の光量は予め低く設定される。シリコン酸化膜 1 0 3 の領域では、輝度が低く、即ち、反射率が低いので、測定時の照射光 L e の光量は予め高く設定される。半導体基板 1 0 2 の領域では、輝度が中間であるので、測定時の照射光 L e の光量は、金属膜 1 0 1 における照射光 L e の光量とシリコン酸化膜 1 0 3 における照射光 L e の光量との中間に設定される。

10

【 0 0 4 0 】

次に、測定装置 1 は、各測定点において白色干渉を用いた材料 2 の表面の高さ測定を行う (S 5 0)。これにより、図 3 (A) ~ 図 3 (C) に示すグラフ G 1 b、G 2、G 3 b のように、測定装置 1 は、材料 2 の各領域の輝度に応じて、照射光 L e の光量を自動で設定し、材料 2 の各領域における干渉光 L i の平均強度を近づけ、あるいは、略等しくすることができる。その結果、材料 2 の表面の高さまたは形状を精度良く計測することができる。

20

【 0 0 4 1 】

本実施形態において、演算制御部 8 0 は、材料 2 の表面の輝度を測定し、輝度差に応じて材料 2 の表面の領域を自動で分割している。しかし、代替的に、ユーザが、材料 2 の輝度を参照して判断し、材料 2 の表面を任意で複数の領域に分割してもよい。あるいは、ユーザは、演算制御部 8 0 によって自動分割された領域を任意で変更したり、調整してもよい。

【 0 0 4 2 】

また、上記実施形態では、測定装置 1 は、領域ごとに照射光 L e の光量を変更して干渉光 L i の強度を検出している。しかし、測定装置 1 は、照射光 L e の光量に代えて、あるいは、それとともに、照射光 L e の焦点、偏光、波長等を領域ごとに変更してもよい。例えば、各領域 R 1 0 1 ~ R 1 0 3 に対し、照射光 L e の焦点を変更することによって、干渉光 L i の平均強度を或る程度変更することもできる。

30

【 0 0 4 3 】

以上のように、本実施形態によれば、演算制御部 8 0 は、干渉光 L i の強度に基づいて光学フィルタ 2 0 または光源 1 0 を制御し、照射光 L e の光量を変更する。これにより、複数の測定点 P 1 ~ P 3 における干渉光 L i の平均強度 (または、ベース、バックグラウンド) を互いに近づけることができる。その結果、演算制御部 8 0 は、干渉光 L i の強度のピーク P P 1 ~ P P 3 を容易に認識することができ、材料 2 の表面または界面の高さ位置を容易かつ精度良く判断することができる。材料 2 の多数の測定点における高さ位置を合成すれば、材料 2 の表面または界面の二次元形状あるいは三次元形状を非破壊で精度良く生成することができる。

40

【 0 0 4 4 】

(第 2 実施形態)

図 5 (A) および図 5 (B) は、第 2 実施形態による材料 2 の一例を示す平面図および断面図である。第 2 実施形態において、材料 2 は、金属膜 1 0 1 上に設けられたシリコン酸化膜 1 0 4 をさらに有する。即ち、領域 R 1 0 4 では、半導体基板 1 0 2 上に、第 1 材料としての金属膜 1 0 1 と第 2 材料としてのシリコン酸化膜 1 0 4 との積層膜が設けられている。以下、金属膜 1 0 1 とシリコン酸化膜 1 0 4 との積層膜を、積層膜 1 0 1、1 0 4 と呼ぶ。尚、半導体基板 1 0 2 およびシリコン酸化膜 1 0 3 は、第 1 実施形態のそれら

50

と同様でよい。

【0045】

図6(A)~図6(B)は、干渉光Liの強度を示すグラフである。図6(A)は、図5(A)の測定点P4における積層膜101、104の干渉光Liの強度を示す。図6(B)は、図5(A)の測定点P2における半導体基板102の干渉光Liの強度を示す。図6(C)は、図5(A)の測定点P3におけるシリコン酸化膜103の干渉光Liの強度を示す。横軸および縦軸は、図3のそれらと同様である。また、照射光Leの光量は、第1実施形態による手法を用いてすでに補正されている。従って、測定点P2~P4における干渉光Liの平均強度(ベースの強度またはバックグラウンド)はほぼ等しいものとする。

10

【0046】

しかし、測定装置1が積層膜101、104の干渉光Liを測定すると、図6(A)に示すように、複数のピークPP1、PP4が近接して現れる。ピークPP1は、金属膜101とシリコン酸化膜104との間の界面、即ち、図5(B)のF101における干渉光Liの最大振幅(または最小振幅)を示す。ピークPP4は、シリコン酸化膜104の表面、即ち、図5(B)のF104における干渉光Liの最小振幅(または最大振幅)を示す。

【0047】

金属膜101の反射率はシリコン酸化膜104のそれに比べ高い。従って、下層の金属膜101から得られる干渉光Liの振幅は、上層のシリコン酸化膜104から得られる干渉光Liの振幅に比較して大きくなる。

20

【0048】

従って、図6(A)のように複数のピークPP1、PP4が近接して現れると、演算制御部80は、金属膜101とシリコン酸化膜104との間の界面によるピークPP1の影響で、シリコン酸化膜104の表面F104に対応するピークPP4を認識することが困難となる。あるいは、演算制御部80は、金属膜101とシリコン酸化膜104との間の界面を、シリコン酸化膜104の表面F104と誤って認識する場合もある。

【0049】

そこで、第2実施形態による測定装置1では、干渉光Liの強度が複数のピークPP1、PP4を含む場合、カメラ70は、一方のピークに対応する焦点位置における干渉光Liの強度の検出を省略する。例えば、図7は、第2実施形態による測定装置1の動作の一例を示すグラフである。第2実施形態では、カメラ70は、複数のピークPP1、PP4のうち一方のピークPP4に対応する焦点位置における干渉光Liの強度を検出しつつ、他のピークPP1に対応する焦点位置における干渉光Liの強度の検出を省略する。これにより、演算制御部80は、金属膜101とシリコン酸化膜104との間の界面によるピークPP1の影響を取り除き、シリコン酸化膜104の表面F104に対応するピークPP4を容易にかつ正確に認識することができる。

30

【0050】

図8は、第2実施形態による測定装置1の動作の一例を示すフロー図である。

【0051】

まず、ピークPP1に対応する焦点位置における干渉光Liの強度検出を選択的に省略するために、測定装置1は、試作時に干渉光Liの強度を測定点P4において測定する(S11)。次に、ユーザがピークPP1に対応する焦点位置における検出を省略するよう測定装置1を設定する(S21)。この省略設定は、メモリ90に格納しておけばよい。その後、量産時において、測定装置1は、検出動作の省略設定に基づいて、焦点位置における検出を自動で省略する(S31)。これにより、演算制御部80は、量産時において、金属膜101とシリコン酸化膜104との間の界面によるピークPP1の影響を除きつつ、シリコン酸化膜104の表面F104に対応するピークPP4を容易にかつ正確に認識することができる。

40

【0052】

50

上記例では、積層膜 101、104 は、二層であるが、積層膜は、三層以上の積層膜であってもよい。また、上記例では、検出動作を省略する焦点位置は、ユーザによって設定されている。しかし、検出動作を省略する焦点位置は、材料 2 の設計情報等を用いて測定装置 1 が自動で設定してもよい。材料 2 が半導体チップである場合、例えば、材料 2 の設計情報には、それぞれの積層膜の位置、厚み、材質や、積層膜の膜数などが含まれる。演算制御部 80 は、材料 2 の設計情報を認識し、それに基づいて積層膜の界面または表面の高さと、干渉光 L_i の強度のピークとの、大まかな対応関係を求めることができる。これにより得られた積層膜の界面または表面と干渉光 L_i の強度のピークとの対応関係に基づいて、演算制御部 80 は、測定対象となる積層膜の表面のピークに対応する焦点位置以外の焦点位置の測定を省略することができる。これにより、測定装置 1 は、積層膜 101、104 の下層の影響を除去しつつ、積層膜 101、104 の表面 F104 に対応するピーク P P 4 を容易にかつ正確に認識することができる。最上層の積層膜のみを測定対象とする場合、演算制御部 80 は、演算量を削減するために、例えば、材料 2 の設計情報として最上層の積層膜に関する位置、厚み、材質などだけを認識するようにしてもよい。

10

【0053】

また、積層膜 101、104 の上層と下層とでパターン方向（例えば、配線方向）が異なるような場合、演算制御部 80 は、積層膜 101、104 の上層と下層のパターン方向に応じて、照射光 L_e の偏光を変えてもよい。

【0054】

本実施形態による測定装置 1 における測定方法の少なくとも一部は、ハードウェアで構成してもよいし、ソフトウェアで構成してもよい。ソフトウェアで構成する場合には、測定方法の少なくとも一部の機能を実現するプログラムをフレキシブルディスクや CD-ROM 等の記録媒体に収納し、コンピュータに読み込ませて実行させてもよい。記録媒体は、磁気ディスクや光ディスク等の着脱可能なものに限定されず、ハードディスク装置やメモリなどの固定型の記録媒体でもよい。また、測定方法の少なくとも一部の機能を実現するプログラムを、インターネット等の通信回線（無線通信も含む）を介して頒布してもよい。さらに、同プログラムを暗号化したり、変調をかけたり、圧縮した状態で、インターネット等の有線回線や無線回線を介して、あるいは記録媒体に収納して頒布してもよい。

20

【0055】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

30

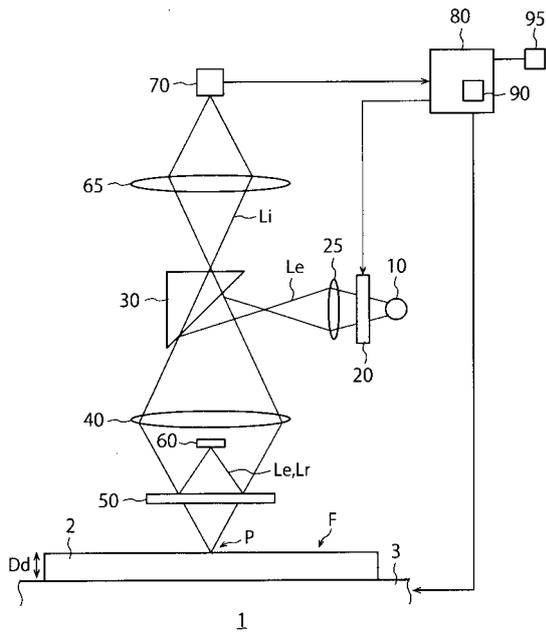
【符号の説明】

【0056】

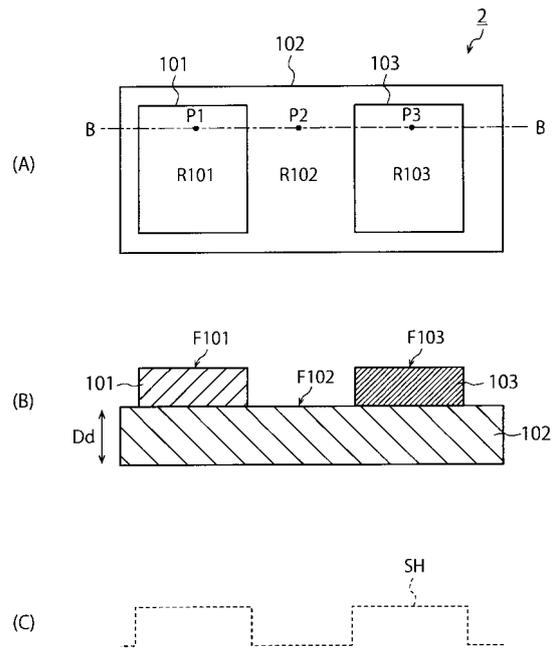
1 測定装置、10 光源、20 光学フィルタ、25 レンズ、30、50 ビームスプリッタ、40 対物レンズ、60 参照ミラー、65 レンズ、70 カメラ、80 演算制御部、90 メモリ、95 表示部

40

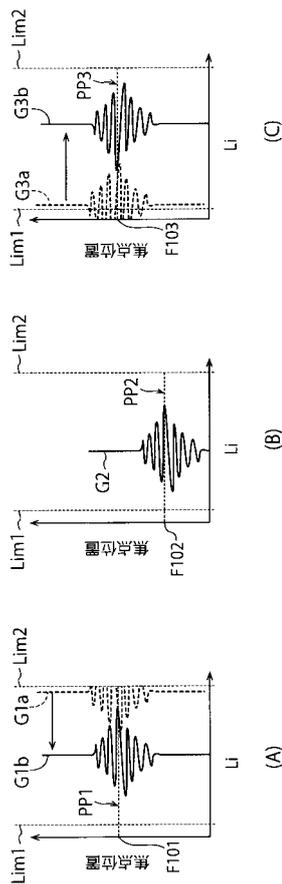
【図1】



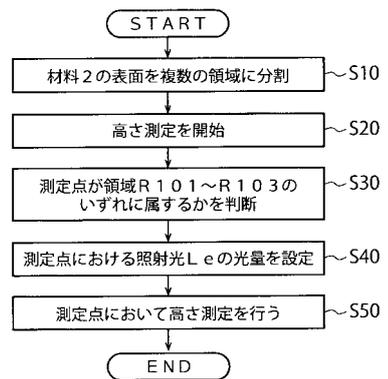
【図2】



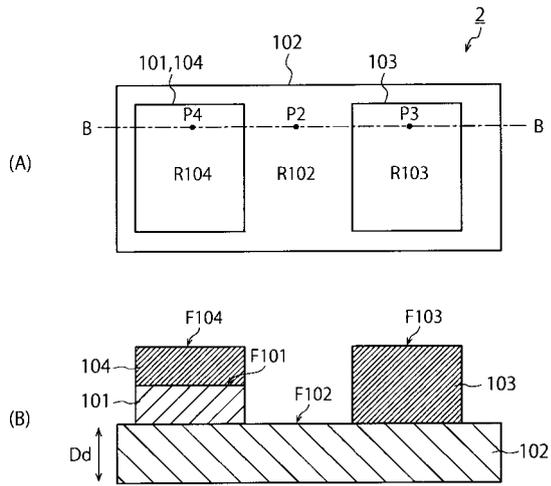
【図3】



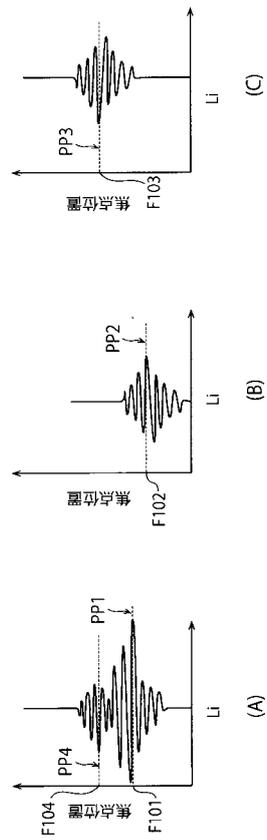
【図4】



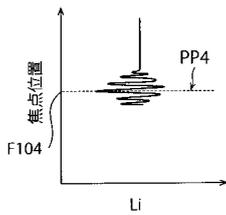
【 図 5 】



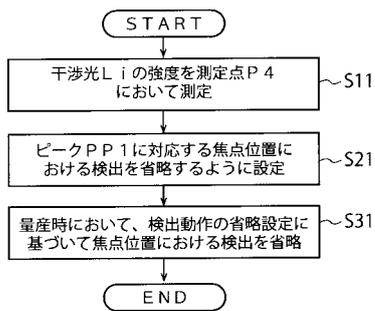
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 芳野 公則

東京都港区芝浦一丁目1番1号 東芝メモリ株式会社内

Fターム(参考) 2F064 AA01 AA09 BB01 CC04 EE01 EE10 FF07 GG12 GG22 GG41
GG44 HH03 HH08
2F065 AA06 AA24 AA53 BB22 CC17 CC31 DD03 EE03 FF04 FF52
FF61 GG24 JJ03 JJ26 LL04 LL12 LL24 LL47 MM03 PP12
QQ29 QQ42 SS13